

**NASKAH PUBLIKASI**

**STUDI KARAKTERISTIK PENGARUH KEKASARAN  
PERMUKAAN TERHADAP HASIL SAMBUNGAN LAS *SPOT*  
*WELDING* PADA MATERIAL ALUMINIUM PADUAN**



Disusun Dan Diajukan Untuk Melengkapi Syarat-Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik Jurusan  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun Oleh :**

**NURBIASTO HANGGORO**

**D 200 090 054**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
JUNI 2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Publikasi berjudul “ **STUDI KARAKTERISTIK PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN HASIL SAMBUNGAN LAS SPOT WELDING PADA MATERIAL ALUMINIUM PADUAN** “, telah disetujui Pembimbing dan Ketua Jurusan sebagai syarat untuk memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh,

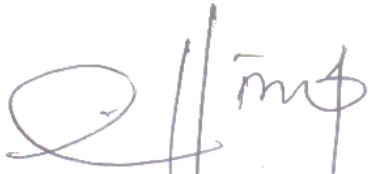
Nama : NURBIASTO HANGGORO

Nim : D 200 090 054

Disetujui pada,

Hari : Sabtu ,  
Tanggal : 4 / 7 / 2015 ~

Pembimbing Utama



Muh. Alfatih Hendrawan, ST, MT

Pembimbing Pendamping



Tri Widodo Besar R, ST, M.Sc, Ph.D

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



Tri Widodo Besar R, ST, M.Sc, Ph.D

# **STUDI KARAKTERISTIK PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN TERHADAP HASIL SAMBUNGAN LAS SPOT WELDING PADA MATERIAL ALUMINIUM PADUAN**

Nurbiasto Hanggoro, Muh.Alfatih Hendrawan, Tri Widodo Besar Riyadi  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A.Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura  
Email : [nurbiastohanggoro@yahoo.com](mailto:nurbiastohanggoro@yahoo.com)

## **ABSTRAKSI**

*Las titik atau Spot Welding merupakan cara pengelasan yang menggunakan resistansi listrik (Resistance Welding) dimana dua permukaan plat yang akan disambung ditekan satu sama lain oleh dua buah elektroda. Alumunium sangat mudah bereaksi dengan air dan udara, jika alumunium bereaksi dengan air maupun udara maka akan membentuk lapisan oksida ( $Al_2O_3$ ) pada permukaan alumunium. Lapisan oksida ini akan mengakibatkan alumunium sulit untuk dilas. Proses rekayasa perbedaan kekasaran permukaan pada lapisan alumunium akan mengurangi tingkat ketebalan lapisan oksida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan terhadap sifat fisis dan mekanis pada hasil pengelasan.*

*Penelitian ini menggunakan bahan alumunium paduan dengan tebal 1 mm. Variasi parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah arus pengelasan 7000 A, 8000 A, 9000 A, dan waktu pengelasan 0,5 detik, 0,6 detik, 0,7 detik serta proses rekayasa perbedaan kekasaran permukaan menggunakan amplas (2,796-2,911  $\mu m$ ), sandblasting (5,229-5,338  $\mu m$ ), dan gerinda (8,569-9,229  $\mu m$ ). Pengujian komposisi kimia menggunakan standar ASTM 1251, spesimen pengujian kekuatan geser menggunakan standar ASME IX, pengujian foto makro dan mikro menggunakan standar ASTM E3 serta ASTM E7.*

*Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan penelitian adalah alumunium paduan Zn (Al 98,18 % - Zn 0,737 %) mendekati seri 7000. Variasi parameter arus, waktu, dan kekasaran permukaan berpengaruh terhadap kekuatan hasil sambungan las. Semakin besar arus, waktu, dan semakin kasar permukaan akan meningkatkan kekuatan hasil sambungan las. Lebar nugget terkecil adalah 0,759 mm terjadi pada arus 7000 A, waktu 0,5 detik, dan kekasaran permukaan menggunakan amplas. Sedangkan lebar nugget terbesar adalah 2,02 mm terjadi pada arus 9000 A, waktu 0,7 detik, dan kekasaran permukaan menggunakan sandblasting serta gerinda. Hasil foto mikro menunjukkan bahwa ukuran terbesar butir struktur logam terdapat pada arus 9000 A, waktu 0,7 , dan kekasaran permukaan menggunakan gerinda.*

Kata kunci : Spot Welding, Alumunium Paduan, Kekasaran Permukaan, Kekuatan Geser, Metalografi

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pengelasan adalah suatu proses penggabungan antara dua logam atau lebih yang menggunakan energi panas. Teknologi pengelasan tidak hanya digunakan untuk memproduksi suatu alat tetapi pengelasan juga berfungsi sebagai reparasi dari semua alat-alat yang terbuat dari logam. Salah satu metode pengelasan yang ada dalam perusahaan manufaktur adalah las titik atau Spot Welding. (Wiryosumarto. H, 2004)

Las titik atau *Spot Welding* merupakan cara pengelasan yang menggunakan resistansi listrik (*Resistance Welding*) dimana dua permukaan plat yang akan disambung ditekan satu sama lain oleh dua buah elektroda, pada saat yang sama arus listrik yang besar dialirkan melalui kedua elektroda melewati dua buah plat yang dijepit elektroda sehingga permukaan diantara kedua plat menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik. (Amstead, B.H.,1995)

Pengelasan titik mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan pengelasan lainnya. keunggulan pengelasan titik adalah cocok untuk pengelasan plat tipis, hasil pengelasannya rapi, tidak membutuhkan filler dan prosesnya sederhana. Contoh material logam yang sering digunakan dalam pengelasan titik adalah aluminium. Aplikasi aluminium dalam proses pengelasan adalah pembuatan body mobil, peralatan-peralatan rumah tangga, dan lain-lain. Sehingga dalam memenuhi tuntutan konsumen yang semakin meningkat dibutuhkan material dan teknologi yang efektif dan efisiensi. (Amstead, B.H.,1995)

Alumunium sangat mudah bereaksi dengan air dan udara, jika alumunium bereaksi dengan air maupun udara maka akan membentuk lapisan oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pada permukaan alumunium. Lapisan oksida ini akan mengakibatkan alumunium sulit untuk dilas. Proses rekayasa perbedaan kekasaran permukaan pada lapisan alumunium akan mengurangi tingkat ketebalan lapisan oksida.

## **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengidentifikasi sifat fisis komposisi kimia material yang digunakan dalam pengelasan sesuai standar ASTM 1251.
2. Mengidentifikasi pengaruh arus, waktu, dan kekasaran permukaan terhadap hasil dari pengujian geser sambungan las titik menggunakan analisa grafis dan statistika.
3. Mengidentifikasi pengaruh arus, waktu, dan kekasaran permukaan terhadap hasil uji foto makro pada sambungan las sesuai standar ASTM E3 dan ASTM E7.
4. Mengidentifikasi pengaruh arus, waktu, dan kekasaran permukaan terhadap hasil uji foto mikro pada sambungan las sesuai standar ASTM E3 dan ASTM E7.

## **Batasan Masalah**

Penelitian ini mempunyai batasan masalah, yaitu :

1. Logam induk (*base metal*) yang digunakan yaitu plat aluminium paduan dengan tebal 1 mm.
2. Pengelasan dilakukan dengan variasi arus, waktu, dan kekasaran permukaan.
3. Suhu di sekitar pengelasan dianggap sama dengan suhu ruang (30-35 °C).
4. Gaya yang diberikan saat pengelasan dianggap konstan.
5. Jenis sambungan las yang digunakan adalah sambungan tumpang (*lap joint*).
6. Karakteristik sambungan las yang diteliti adalah pengujian geser dan pengujian metalografi.
7. Pengujian metalografi struktur makro dan mikro pada daerah *nugget*.
8. Selama pengelasan diameter elektroda sama.

## Tinjauan Pustaka

Rashid, M. (2010), telah melakukan studi tentang beberapa pengaruh karakteristik permukaan benda kerja pada resistansi kontak listrik antarmuka elektroda dengan benda kerja selama *resistance spot welding* paduan aluminium ( AA5182 ). Resistansi kontak listrik dipengaruhi oleh lapisan oksida dan kekasaran permukaan benda kerja. Namun, efek dari lapisan oksida lebih dominan, dan efek dari kekasaran permukaan hanya merusak lapisan oksida. Proses pengamplas pada permukaan benda kerja lebih efektif dalam mengurangi ketebalan lapisan oksida.

Loan, Chirileanu Marius. (2013), dalam penelitiannya tentang pengaruh kekasaran permukaan pada las *spot welding* (RSW). Untuk penelitian menggunakan material baja karbon rendah (S235JR) dengan ketebalan 1 mm dan menggunakan 3 sampel permukaan yang berbeda, yaitu permukaan baja asli, permukaan baja disikat, dan permukaan baja disandblast. Hasil dari pengujian resistansi hambatan listrik menunjukkan bahwa permukaan baja disandblast memiliki hambatan yang paling tinggi diikuti oleh permukaan baja disikat kemudian permukaan baja asli. Hasil dari pengujian tegangan geser menunjukkan bahwa arus sangat berpengaruh untuk meningkatkan kekuatan tegangan geser. Permukaan baja disikat memiliki kekuatan tegangan geser paling tinggi dibandingkan dengan permukaan baja asli dan permukaan baja disandblasting.

## Landasan Teori

### Las Titik (*Resistane spot welding*)

Las titik merupakan salah satu metode pengelasan yang menggunakan energi panas dan tekanan sebagai penggabung dua plat logam atau lebih. Panas yang muncul diakibatkan oleh adanya aliran listrik yang terjadi di permukaan dalam plat logam yang dialirkan melalui elektroda dari paduan tembaga. Panas akan mengakibatkan permukaan yang dialiri aliran listrik akan mencair dan tersambung. (Wiryosumarto, H dan Okumura, T., 1981)

Pada pengelasan titik terdapat tiga faktor yang mempengaruhi besarnya energi panas/kalor untuk mencairkan logam. Ketiga faktor tersebut dapat ditinjau dari rumus total heat input yang dihasilkan yaitu : (Amstead, B.H, 1995)

$$H = I^2 \cdot R \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- $H$  : Total heat input (joule)
- $I$  : Arus Listrik (Ampere):
- $R$  : Hambatan listrik (ohm)
- $t$  : Waktu pengelasan (detik)

### Alumunium

Alumunium merupakan logam non fero, termasuk logam ringan yang mempunyai ketahanan terhadap korosi yang tinggi dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik serta mudah dibentuk dengan proses pengerjaan logam. (Surdia, T. 1991)

Alumunium sangat mudah bereaksi dengan air dan udara, jika alumunium bereaksi dengan air maupun udara maka akan membentuk lapisan oksida atau alumunium oksida ( $Al_2O_3$ ) pada permukaan alumunium. Lapisan oksida bermanfaat untuk melindungi alumunium dari korosi, tetapi dengan adanya lapisan oksida ini akan mengakibatkan alumunium sulit untuk diperlakukan panas atau untuk dilas.

### **Pengujian Komposisi Kimia**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase kandungan unsur-unsur paduan. Pengujian dilakukan menggunakan alat *spectrometer*.

### **Pengujian Kekasaran Permukaan**

Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan Alat *surface roughness measurement*.

### **Pengujian Hambatan Listrik**

Pengujian hambatan listrik menggunakan alat *clamp meter*.

### **Pengujian Foto makro dan Mikro**

Pengujian foto makro bertujuan untuk mengukur lebar *nugget* sedangkan pengujian foto mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro pada daerah *nugget*.

### **Pengujian Geser**

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil gaya yang mampu ditahan oleh daerah lasan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut: ( Vliet G. L. J. V dan Both W., 1984)

$$\tau = \frac{F_m}{A_o} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\tau$  = Tegangan Geser (N/mm<sup>2</sup>)

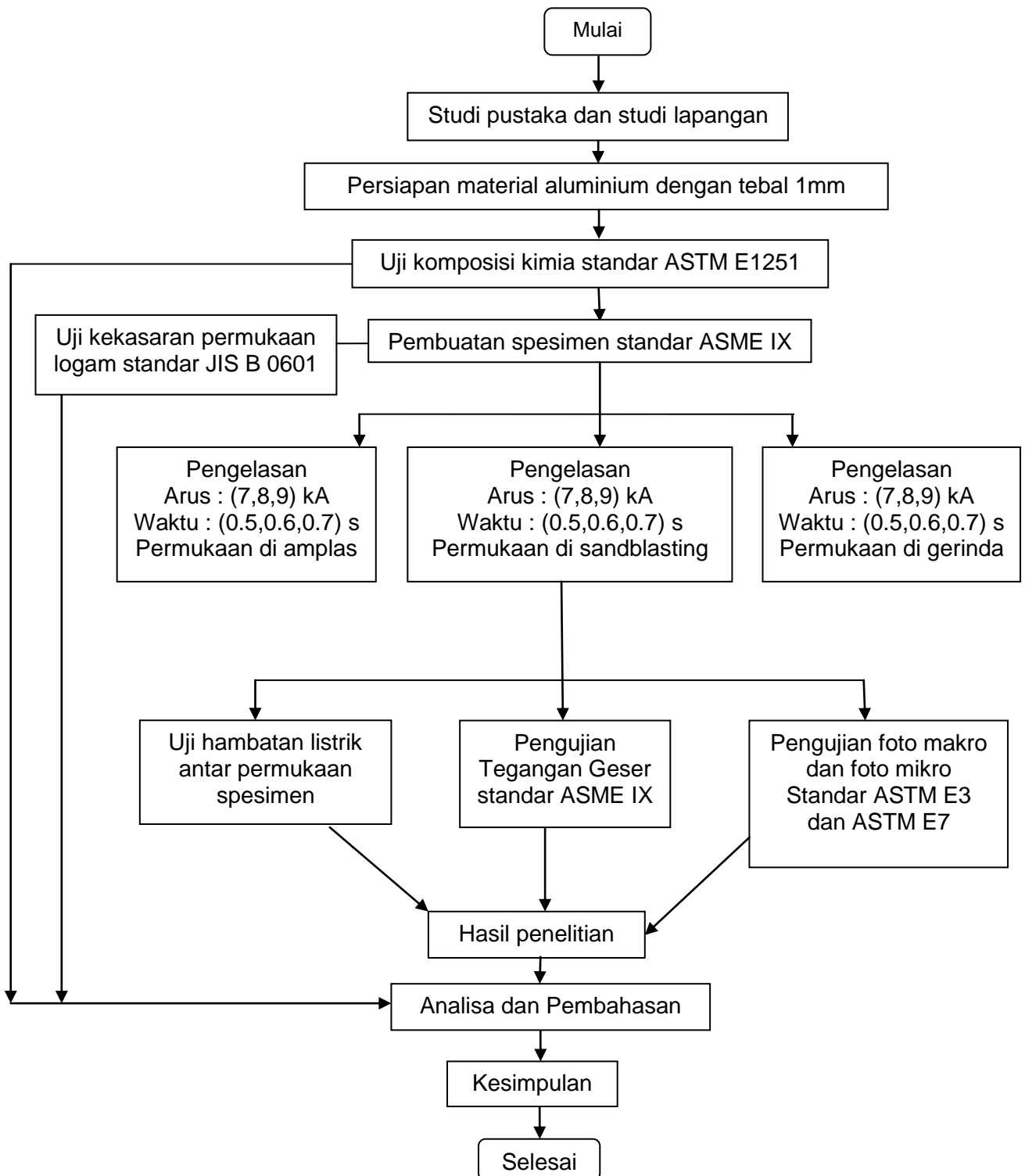
F<sub>m</sub> = Gaya Maksimum (N)

A<sub>o</sub> = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)



## Metode Penelitian

### Diagram Alir Penelitian

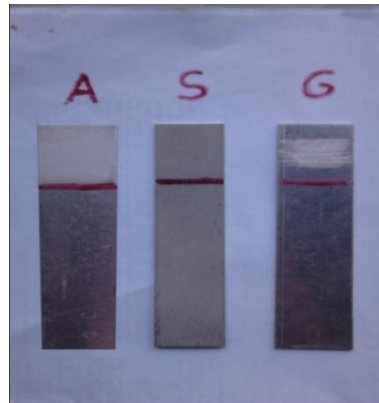


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## Bahan dan Alat Penelitian

### Bahan

Plat alumunium dengan ketebalan 1 mm.



Gambar 2. alumunium

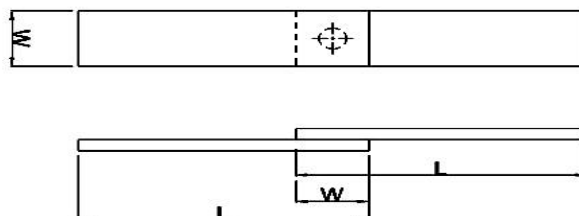
### Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi

1. Mesin pengelasan *spot welding*,
2. Spectrometer,
3. surface Roughness Measurement,
4. Mikroskop,
5. Mesin Uji Geser (Universal Testing Machine), dan
6. alat bantu lainnya.

### Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode pengelasan titik tipe *lap joint*. Parameter yang digunakan adalah arus, waktu dan kekasaran permukaan. Pemotongan spesimen uji berdasarkan standar ASME IX.



$W = 25,4 \text{ mm}$  ,  $L = 101,6 \text{ mm}$

Gambar 3. Dimensi Spesimen Standar ASME IX

## Hasil dan Pembahasan

### Uji komposisi kimia

Tabel 1. Hasil uji Komposisi Kimia

No.	Unsur	Prosentase (%)
1.	Alumunium (Al)	98.18
2.	Zinc (Zn)	0.737
3.	Ferit (Fe)	0.419
4.	Silicon (Si)	0.214
5.	Copper (Cu)	0.169
6.	Manganese (Mn)	0.0633
7.	Magnesium (Mg)	<0.0500
8.	Chrom (Cr)	<0.0150
9.	Nikel (Ni)	<0.0200
10.	Tin (Sn)	<0.0500
11.	Titanium (Ti)	0.0333
12.	Lead (Pb)	<0.0300
13.	Beryllium (Be)	0.0001
14.	Calsium (Ca)	0.0038
15.	Strontium (Sr)	<0.0005
16.	Vanadium (V)	0.0128
17.	Zirconium (Zr)	<0.0030

### Pembahasan Uji Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia menyatakan bahwa kandungan unsur paduan yang tertinggi unsur seng (Zn). Setelah membandingkan hasil data pengujian dengan data dari “*MatWeb Material property Data*” untuk dapat disebut alumunium paduan seng (Zn) harus memenuhi syarat unsur Zn sebesar 0.8-12 % dan unsur AL sebesar 82.6-99.2 % dapat disimpulkan bahwa alumunium ini termasuk alumunium mendekati paduan Al-Zn (seri 7000) hal ini dikarenakan kandungan unsur Al yang terpenuhi (82.6-99.2%) sedangkan kandungan unsur Zn hanya mendekati batas maksimal.

### Hasil pengukuran kekasaran permukaan (Ra)

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (Ra)

No.	Kekasaran Permukaan	Ra ( $\mu\text{m}$ )
1	Amplas	2,796-2,911
2	Sandblasting	5,229-5,338
3	Gerinda	8,569-9,229

### Pembahasan Pengukuran kekasaran permukaan (Ra)

Sesuai buku metrologi industri (Munadi, sudji 1988) kekasaran permukaan 2,796-2,911  $\mu\text{m}$ , 5,229-5,338  $\mu\text{m}$ , dan 8,569-9,229  $\mu\text{m}$  termasuk kelas kekasaran N8 (normal), N9 (kasar), dan N10 (kasar).

### Hasil Pengukuran Hambatan Listrik

Tabel 3. Hasil pengukuran hambatan

Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Pengukuran Hambatan (Ohm)					
	Percobaan					
	1	2	3	4	5	6
Amplas	0.0054	0.0058	0.0060	0.0071	0.0068	0.0067
Sandblasting	0.0081	0.0081	0.0082	0.0092	0.0089	0.0082
Gerinda	0.0157	0.0151	0.0120	0.0109	0.123	0.132

### Pembahasan hasil pengukuran hambatan listrik

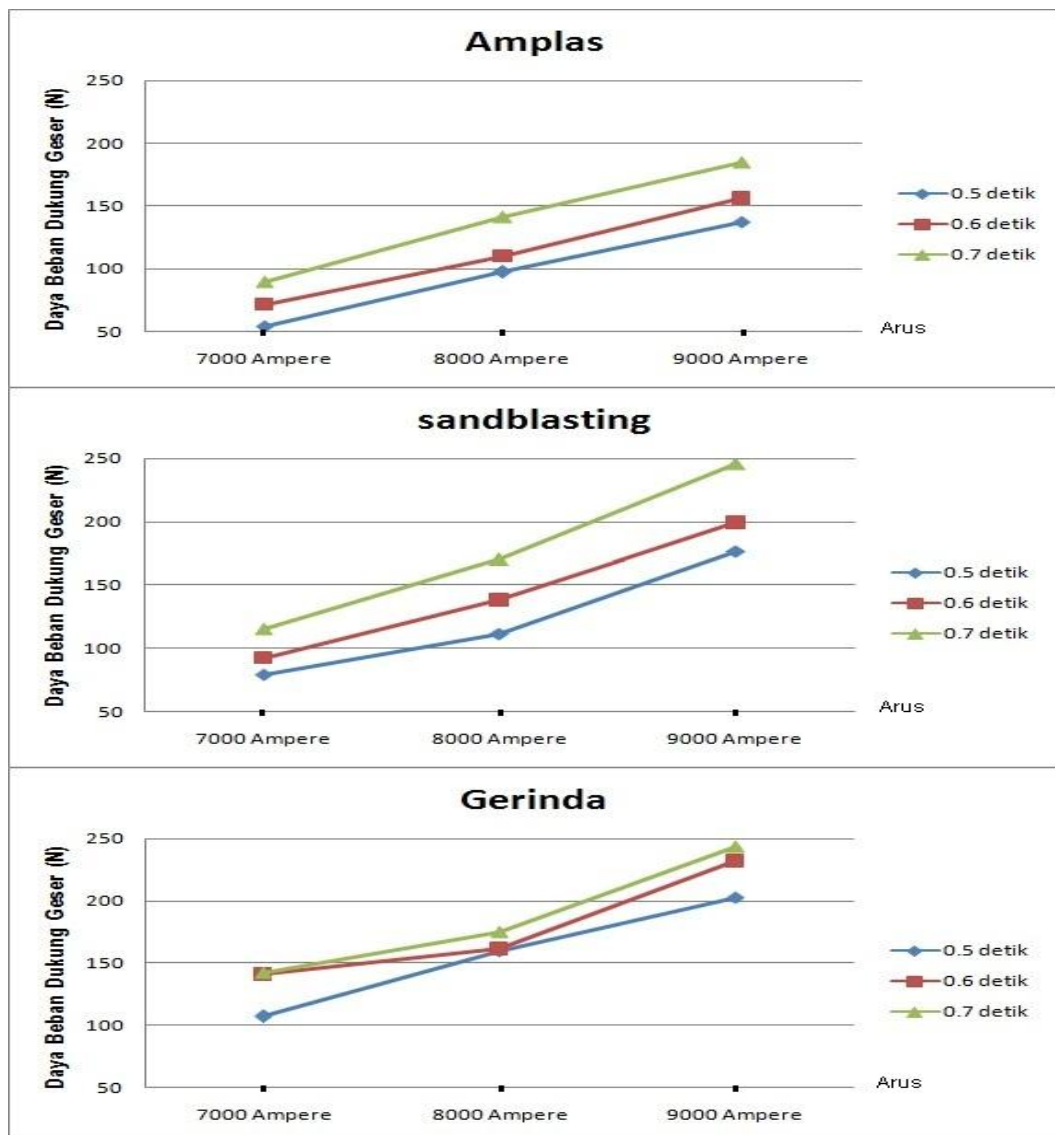
Kekasaran permukaan digerinda memiliki hambatan listrik yang paling tinggi dibandingkan dengan kekasaran permukaan diampas dan disandblasting. Seperti penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa meningkatnya hambatan listrik antar permukaan material pada las *spot welding* diikuti oleh meningkatnya kekasaran permukaan (loan,2013).

## Hasil Pengujian Geser

### - Secara Grafis

Tabel 4. Hasil Pengujian Geser

No	Kekasaran permukaan (μm)	Arus (Ampere)	Waktu (detik)	Daya beban dukung geser (N)			Daya beban dukung geser rata-rata (N)
				Pengujian			
				1	2	3	
1	Amplas	7000	0.5	53,5	49	60,75	54,467
2			0.6	68	73,5	74,25	71,917
3			0.7	80,5	99	89,75	89,75
4		8000	0.5	95	99,25	98	97,417
5			0.6	106,5	105,25	117,5	109,75
6			0.7	144	126,75	152,75	141,17
7		9000	0.5	142,5	138	132,75	137,75
8			0.6	153,5	165,25	149,5	156,08
9			0.7	184	178,25	192	184,75
10	Sandblast	7000	0.5	80,75	74,25	83,25	79,41
11			0.6	96,75	90,5	90,0	92,41
12			0.7	125,0	110,5	111,25	115,58
13		8000	0.5	100,25	117,5	117,5	111,75
14			0.6	132,25	140,5	141,5	138,08
15			0.7	140,0	195,0	175,0	170,00
16		9000	0.5	179,0	176,5	173,75	176,41
17			0.6	198,75	218,25	180,75	199,25
18			0.7	228,0	270,0	240,0	246,00
19	Gerinda	7000	0.5	111,75	100,0	110,0	107,25
20			0.6	131,0	144,5	147,0	140,83
21			0.7	132,25	150,5	144,5	142,41
22		8000	0.5	152,75	160,75	166,25	159,91
23			0.6	152,75	166,25	164,5	161,16
24			0.7	175,75	173,25	175,75	174,91
25		9000	0.5	202,75	207,75	198,0	202,83
26			0.6	244,5	230,0	221,0	231,83
27			0.7	242,5	244,25	245,0	243,91

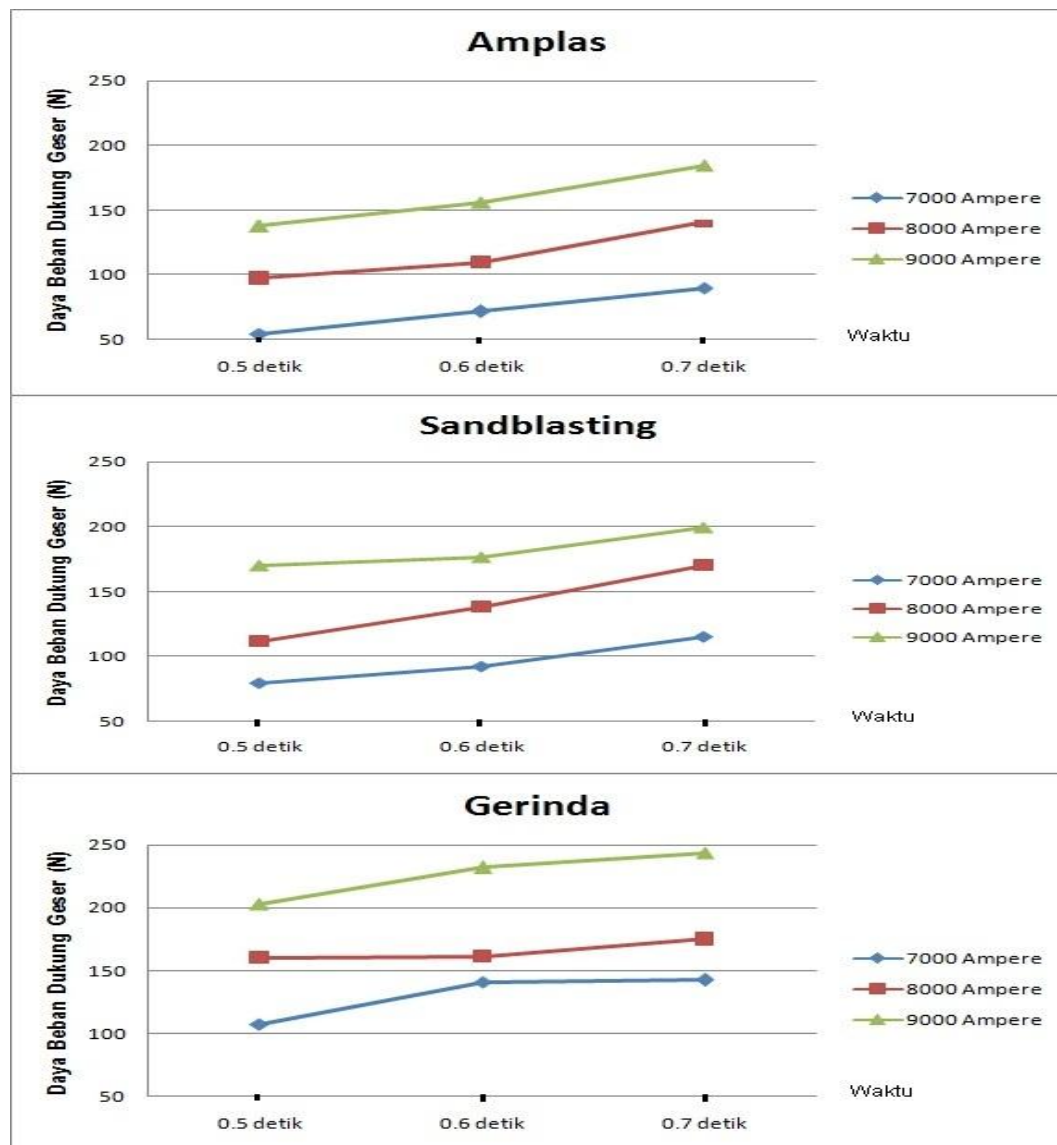


**Grafik 1. Pengaruh arus pengelasan terhadap daya beban dukung geser rata-rata (N)**

## Pembahasan

Berdasarkan grafik 1. dapat dianalisa bahwa, pada permukaan diampelas, disandblasting, maupun digerinda menjelaskan bahwa arus berpengaruh positif terhadap kekuatan daya beban dukung geser. Karena kekuatan daya beban dukung geser tertinggi diperoleh dari arus pengelasan 9000 Ampere. Grafik diatas secara keseluruhan menunjukkan *trend* positif. Karena semakin besar arus yang diberikan

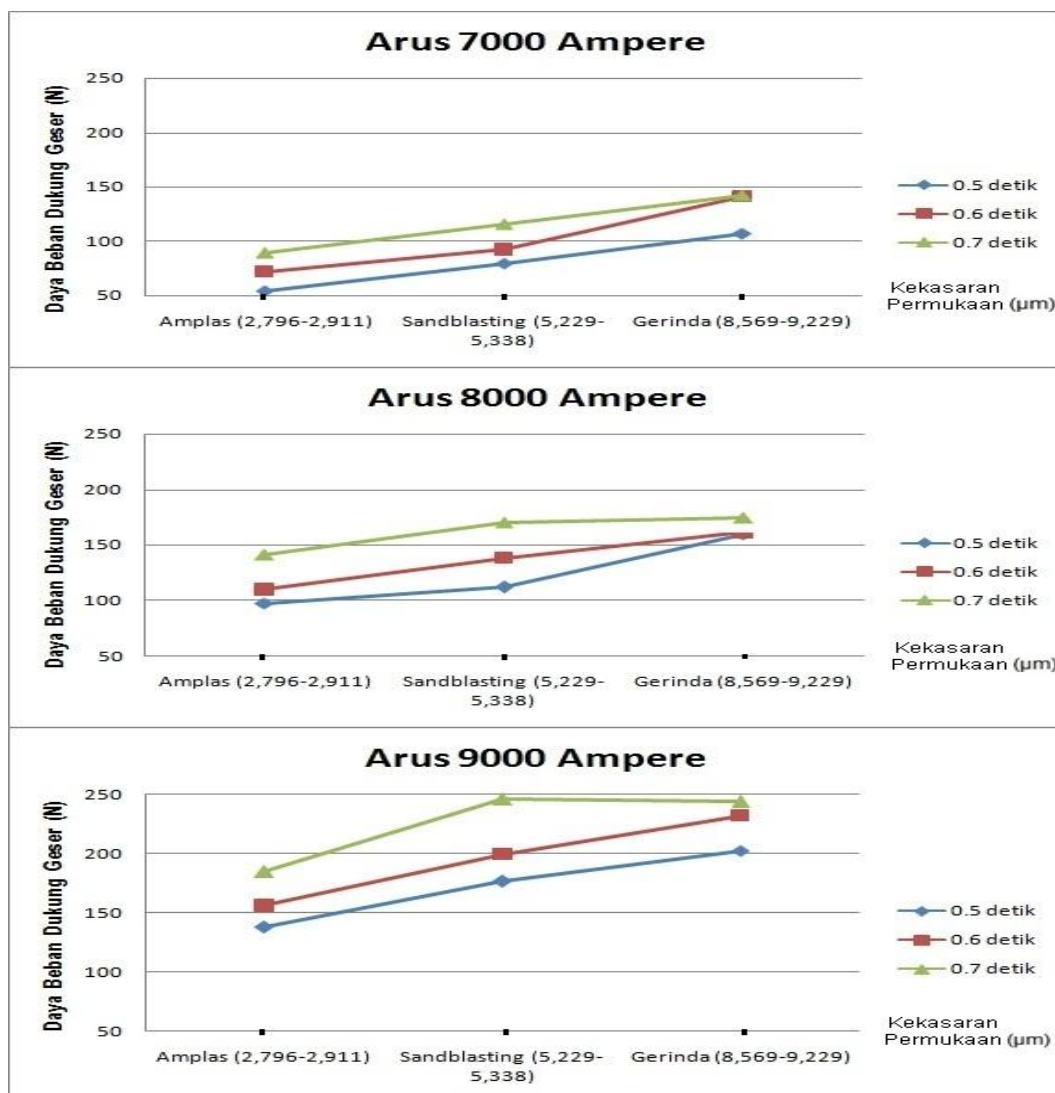
pada saat proses pengelasan akan meningkatkan kekuatan daya beban dukung geser selama belum mencapai nilai puncak (*peak point*) dan sebaliknya jika arus yang diberikan semakin kecil maka hasil daya beban dukung geser akan menurun kekuatannya.



**Grafik 2. Pengaruh waktu pengelasan terhadap daya beban dukung geser rata-rata (N)**

## Pembahasan

Berdasarkan grafik 2. dapat dianalisa bahwa waktu pengelasan sama seperti arus pengelasan yang berpengaruh terhadap kekuatan daya beban dukung geser. Karena arus dan waktu berbanding lurus dengan waktu, semakin besar arus dan waktu maka kekuatan daya beban dukung geser akan meningkat. Seperti grafik 2. yang menunjukkan bahwa kekuatan data beban dukung geser tertinggi diperoleh dari arus 9000 Ampere dan waktu 0.7 detik.



Grafik 3. Pengaruh kekasaran permukaan terhadap daya beban dukung geser rata-rata (N)

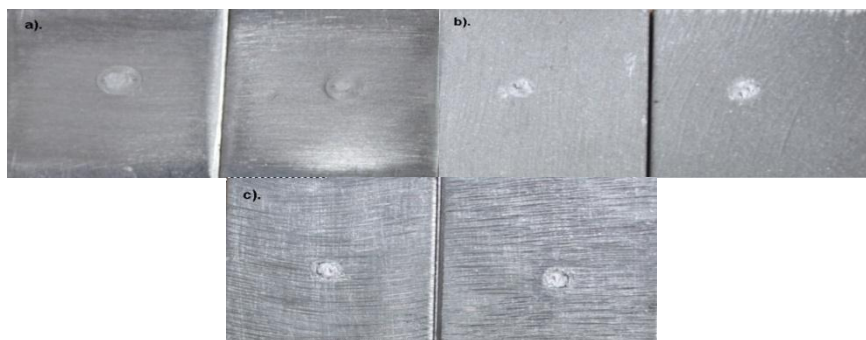


## Pembahasan

Berdasarkan grafik 3. dapat dianalisa bahwa kekasaran permukaan alumunium digerinda memiliki kekuatan daya beban dukung geser sambungan las yang tertinggi diikuti oleh permukaan disandblasting kemudian permukaan diampelas. Dapat disimpulkan bahwa kekasaran permukaan berpengaruh positif pada meningkatnya kekuatan daya beban dukung geser

Setelah pengujian geser sambungan las telah dilakukan dan didapatkan datanya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa parameter kekasaran permukaan berpengaruh pada kekuatan daya beban dukung geser. Dimana pembuatan kekasaran menggunakan proses digerinda memiliki nilai kekuatan daya beban dukung geser tertinggi diikuti proses disandblasting kemudian proses diampelas. Hal ini karena pembuatan kekasaran permukaan pada alumunium berpengaruh pada pengurangan tebal lapisan oksida yang ada di permukaan alumunium (M.Rasyid, 2010). Semakin tebal lapisan oksida yang tersisa di permukaan plat alumunium akan mengakibatkan sulit terjadinya sambungan las karena adanya perbedaan titik leleh antara alumunium dan lapisan oksida. Menurut data yang diperoleh dari “*MatWeb Material property Data*” bahwa Titik leleh alumunium  $660^{\circ}\text{C}$  sedangkan titik leleh lapisan oksida  $2054^{\circ}\text{C}$ .

Dari pengujian kekuatan geser diperoleh jenis kegagalan sambungan las. Pada penelitian ini hanya ditemukan 1 jenis kegagalan sambungan las yaitu *interface*.



**Gambar 4. Tipe kegagalan hasil sambungan las a).Amplas b).Sandblasting c).Gerinda**

Walaupun hanya tipe *interface* yang ditemukan pada semua variabel kekasaran permukaan, namun terdapat perbedaan tipe *interface* di antara variabel kekasaran permukaan. *Interface* pada permukaan digerinda penetrasi logamnya lebih dalam (*deep penetration*) dibandingkan dengan permukaan disandblasting yang penetrasi logamnya dangkal (*shallow penetration*) sedangkan permukaan diampas penetrasi logamnya lebih dangkal dibandingkan permukaan disandblasting.

- **Secara Statistika**

Tabel 5. Analisa secara statistika

Tests of Between-Subjects Effects

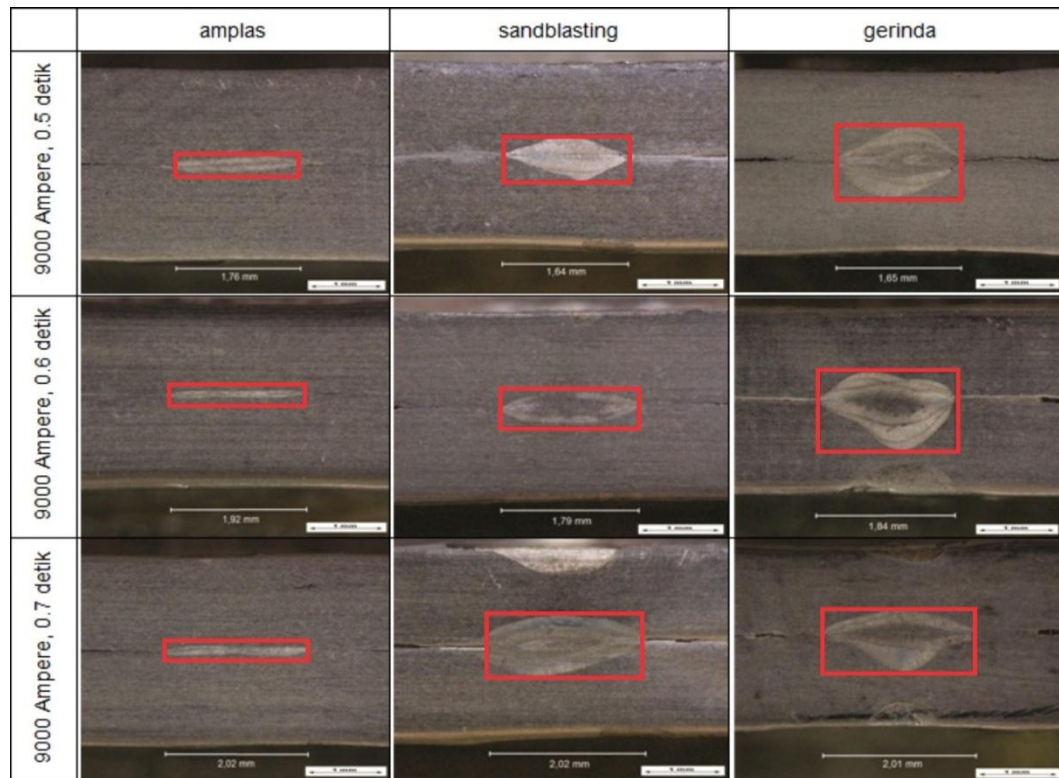
Dependent Variable: Rata.rata.Daya.Beban.Dukung.Geser

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	67158.483 <sup>a</sup>	6	11193.080	109.851	.000
Intercept	573917.952	1	573917.952	5.633E3	.000
ARUS	43817.541	2	21908.770	215.016	.000
WAKTU	8120.709	2	4060.354	39.849	.000
KEKASARAN	15220.233	2	7610.117	74.687	.000
Error	2037.875	20	101.894		
Total	643114.309	27			
Corrected Total	69196.357	26			

a. R Squared = ,971 (Adjusted R Squared = ,962)

Dari tabel 5. *out put* ANOVA menunjukkan bahwa arus (I), waktu (t), dan kekasaran permukaan (Ra) berpengaruh terhadap tegangan geser sambungan las, hal ini dikarenakan nilai Sig. untuk arus adalah 0.000, waktu adalah 0.000, dan kekasaran permukaan adalah 0.000, lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $\alpha = 0.05$  atau 5 %.

## Hasil Pengujian Foto Makro



Gambar 5. Foto Makro Sambungan Las

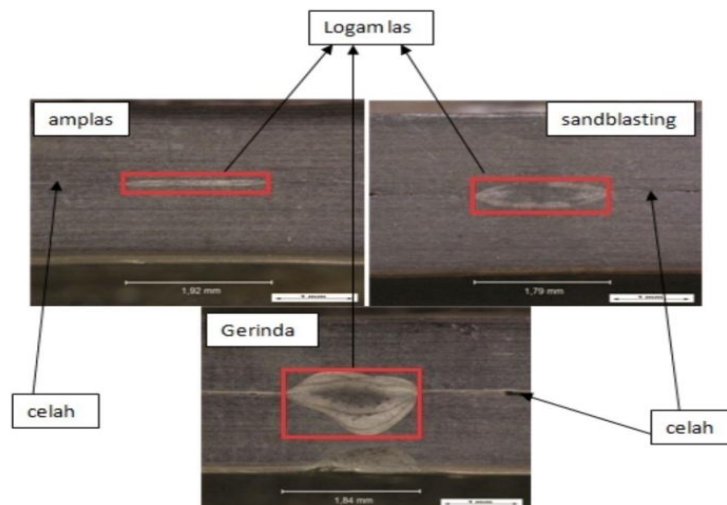
Tabel 6. Lebar *Nugget*

No.	Kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Arus (Ampere)	Waktu (detik)	Lebar <i>Nugget</i> (mm)
1.	Amplas	7000	0.5	0.759
2.			0.6	1.18
3.			0.7	1.50
4.		8000	0.5	1.55
5.			0.6	1.52
6.			0.7	1.72
7.		9000	0.5	1.76
8.			0.6	1.92
9.			0.7	2.02
10.	Sandblasting	7000	0.5	0.946
11.			0.6	1.20
12.			0.7	1.15
13.		8000	0.5	1.38
14.			0.6	1.39
15.			0.7	1.55
16.		9000	0.5	1.64
17.			0.6	1.79
18.			0.7	2.02
19.	Gerinda	7000	0.5	1.08
20.			0.6	1.17
21.			0.7	1.21
22.		8000	0.5	1.37
23.			0.6	1.45
24.			0.7	1.53
25.		9000	0.5	1.65
26.			0.6	1.84
27.			0.7	2.01

## Pembahasan Pengujian Foto Makro

Logam las (*nugget*) adalah daerah logam induk (*base metal*) yang mencair kemudian menyatu karena mendapat masukan panas (*heat input*). Masukan panas diperoleh dari arus dan waktu yang digunakan dalam pengelasan. Arus dan waktu sangat berpengaruh besar dalam meningkatnya lebar logam las (*nugget*). Hal ini sesuai dengan rumus  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ , dengan meningkatnya arus ( $I$ ) dan waktu ( $t$ ) masukan panas terhadap logam induk akan semakin meningkat.

Seperti yang terlihat pada tabel 6. bahwa arus 7000 ampere dengan waktu 0.5 detik memiliki lebar logam las terkecil 0.759 mm (amplas), 0.946 mm (*sandblasting*), 1.08 mm (gerinda) dibandingkan arus 9000 ampere dengan waktu 0.5 detik 1,76 mm (amplas), 1.64 mm (*sandbasting*) , 1.65 mm (gerinda). Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus dan waktu dapat meningkatkan lebar logam las.



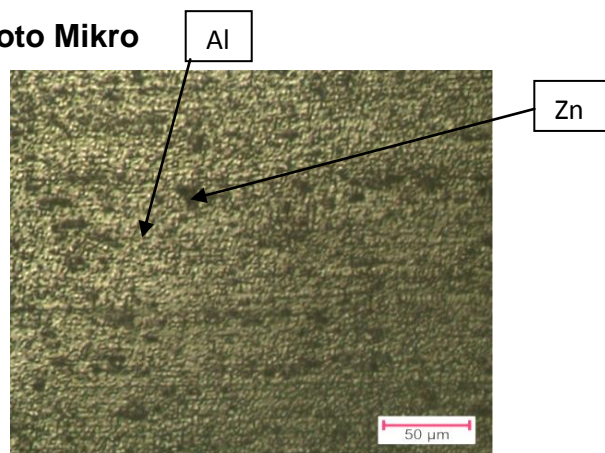
**Gambar 6. perbandingan kedalaman logam las antara permukaan diampas, disandblasting, dan digerinda**

Kekasaran permukaan memiliki pengaruh terhadap logam las. Seperti yang terlihat pada gambar 4.6 antara permukaan diampas dengan disandblasting maupun digerinda memiliki perbedaan. Permukaan diampas memiliki logam las yang simetris dan celah antar permukaan logam aluminium tidak terlihat rongga. Permukaan disandblasting

memiliki logam las yang simetris namun terlihat rongga pada celah antar permukaan logam, sedangkan permukaan digerinda memiliki logam las yang tidak simetris dan pada terlihat rongga yang besar pada celah antar logam las. Permukaan yang kasar memiliki ikatan sambungan yang lebih homogen hal itu karena saat permukaan kasar meleleh dapat langsung mengisi rongga-rongga logam antar permukaan.

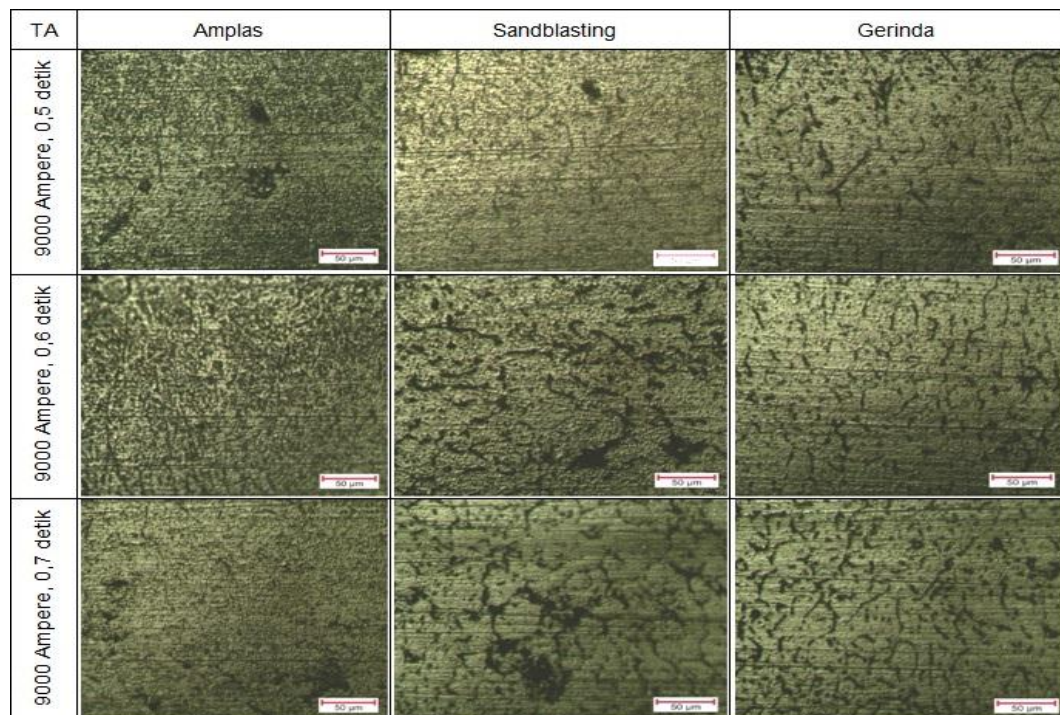
Permukaan digerinda memiliki logam las yang dalam (deep penetration) dibandingkan dengan permukaan disandblasting maupun diampelas. Hal itu terjadi karena pengaruh lapisan oksida yang diterima oleh permukaan digerinda lebih kecil dan hambatan listrik yang terjadi pada permukaan digerinda lebih besar (lihat grafik 4.1) sehingga masukkan panas yang didapat permukaan digerinda lebih besar dibandingkan permukaan disandblasting maupun diampelas.

#### Hasil Pengujian Foto Mikro



**Gambar 7. Logam induk Al 98.18 %–Zn 0.737% (*base metal*)**



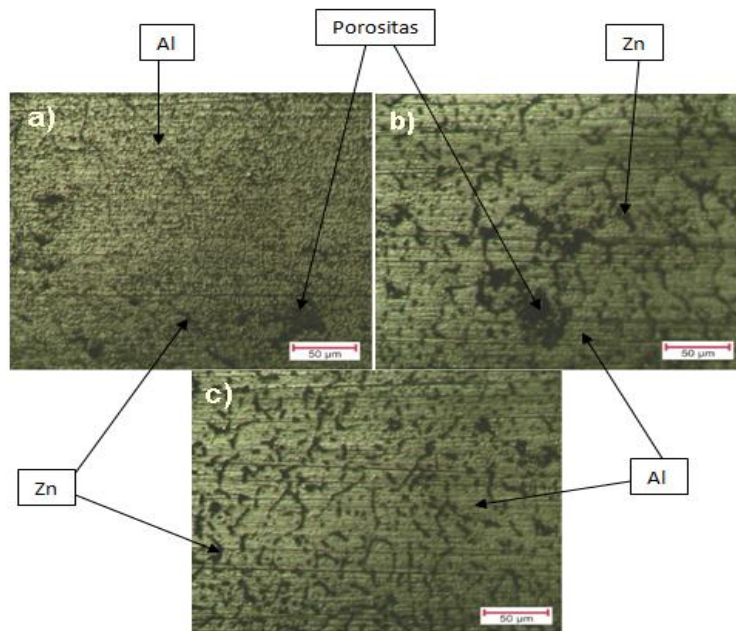


**Gambar 8. Foto mikro sambungan las**

## Pembahasan

Dari penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa Pembuatan kekasaran permukaan pada alumunium berpengaruh pada pengurangan tebal lapisan oksida yang ada di permukaan alumunium (M.Rasyid). Meningkatnya hambatan listrik antar permukaan material pada las *spot welding* diikuti oleh meningkatnya kekasaran permukaan (Ioan,2013). Sesuai dengan rumus  $Q = I^2 \cdot R \cdot t$  meningkatnya hambatan listrik akan meningkatkan masukkan panas.

Pada hasil pengujian sturktur mikro logam las alumunium paduan 0,737% Zn dengan pembesaran 200X terjadi perubahan struktur mikro antara base metal dengan logam las. Semakin besar arus dan waktu maka akan terjadi perbesaran butiran. Hal ini karena perbedaan masukkan panas yang diterima. Pada arus tertinggi yaitu 9000 Ampere Zn memiliki cukup waktu untuk memisahkan diri sehingga unsur Zn tampak pada struktur mikro logam yang terbentuk.



**Gambar 9. Perbedaan struktur mikro antara a).Amplas, b).Sandblasting, dan c).Gerinda**

Terlihat struktur mikro antara permukaan b).Sandblasting dengan c).Gerinda hampir sama dengan pola yang terdapat pada gambar 4.13 penyebaran Zn lebih merata diantara matrik aluminium sedangkan struktur mikro pada permukaan a).amplas unsur Zn hanya sedikit yang terlihat. Walaupun struktur mikro antara permukaan disandblasting dengan digerinda hampir sama polanya namun pada permukaan disandblasting terdapat porositas begitu juga pada permukaan diamplas yang terdapat porositas. Karena semakin banyak porositas yang terdapat pada logam las akan mengurangi kekuatan sifat mekanis (Tutur, 2012).

Adanya porositas terjadi karena pada permukaan yang diamplas masih memiliki pengaruh lapisan oksida yang menghalangi masuknya panas pada aluminium sehingga memberikan waktu udara untuk bereaksi dengan aluminium dan pengaruh proses rekayasa kekasaran dengan sandblasting yang mengakibatkan profil kekasarannya memiliki pori-pori yang dalam yang mengakibatkan saat proses pengelasan udara masuk kedalam pori-pori sehingga udara tidak memiliki cukup waktu untuk keluar.

Sedangkan tidak adanya porositas pada permukaan yang digerinda dikarenakan udara yang terjebak dalam logam las memiliki waktu untuk keluar atau melepaskan diri.

## **Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia dapat diketahui bahwa alumunium yang digunakan termasuk jenis alumunium mendekati seri Al-Zn yang mengandung unsur Al 98,18%, Zn 0,737%, Fe 0,419 %, Si 0,214 %, Cu 0,169 %, dan seterusnya.
2. Menurut analisa grafis dan statistika variasi arus, waktu, dan kekasaran permukaan berpengaruh nyata terhadap kekuatan sambungan las. Kekuatan sambungan las tertinggi terdapat pada arus 9000 Ampere, waktu 0,7 detik, dan kekasaran permukaan menggunakan proses gerinda.
3. Hasil pengujian foto makro menunjukkan bahwa arus, waktu, dan kekasaran permukaan berpengaruh pada pembentukan logam las. Semakin besar arus dan waktu pengelasan yang digunakan maka luas nugget yang dihasilkan akan semakin lebar. kekasaran permukaan berpengaruh pada kedalaman penetrasi logam las.
4. Hasil pengujian foto mikro menunjukkan bahwa semakin besar arus, waktu, dan tingkat kekasaran permukaan akan menyebabkan perubahan besaran butir struktur logam. Butir struktur logam yang paling besar terdapat pada arus 9000 Ampere, waktu 0,7 detik, dan kekasaran permukaan menggunakan proses gerinda.



## Daftar Pustaka

- Amstead, B.H., Djaprie, S. (Ahli Bahasa), 1995, *Teknologi Mekanik*, jilid I, PT. Erlangga, Jakarta
- Annual Book of ASME IX Standart, 2001 . *Qualification Standart for Welding and Brazing Prosedures, Welder, Bresers, Welding and Brazing Operation*, p. 166-168. The American Society of Mechanical Engineers. New York
- Batista, Marcio.,2013, *Use Of Dynamic Resistance And Dynamic Energy To Compare Two Resistance Spot Welding Equipments For Automotive Industry In Zinc Coated And Uncoated Sheets*, American Journal of Engineering Research (AJER). (4 pebruari 2015)
- ISF welding and joining institute, 2005, *Resistance spot welding resistance projection welding and resistance seam welding*, ISF aachen welding and joining institute, New Jersey.
- Loan,C.M., 2013 *Researches about the influence of surface roughness on resistance spot welding (RSW) result*, jurnal internasional. (18 januari 2014). <http://www.academia.edu/4773055/IJMRA-MIE3455>
- Jhon, B., 1983, *Introduction To Engginering Materials*, Macmilan Publishing Company, New York.
- Matweb Material Property Data, Overview of materials for alumunium alloy. (12 agustus 2014) <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=ab9706916818406b80c22b7f39db0c78&ckck=1>
- Munadi, S. 1988. *Dasar-Dasar Metrologi Industri*. Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
- Rashid, M, 2010, *Some Tribological Influences on the Electrode-Worksheet Interface During Resistance Spot Welding of Aluminum Alloys*, jurnal internasional (20 november 2013).

<http://mme.uwaterloo.ca/~camj/pdf/2011/ASM%20J%20Mater%20Eng%20Perform-2011%20Rashid.pdf>

Ruukki, 2007, *Resistance Welding manual*, Rautaruukki Corporation, Finlandia.

Surdia, T. Dan S,Saito., 1991, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Tukiman, 2013, Studi Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Sifat Mekanis Pada Pengecoran Paduan Al-4,3%Zn Alloy, jurnal Dinamis.

Tutur, A., K., 2012, *Studi Metalografi Hasil Pengelasan Titik (Spot Welding) Pada Pengelasan Di Lingkungan Udara Dan Di Lingkungan Gas Argon*, Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Vliet G. L. J. V dan Both W., 1984. *Teknologi Untuk Bangun Mesin*. Jakarta: Erlangga

Wiryosumarto, H., Prof, Dr, Ir, Okumura,T., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT Pradaya Paramita, Jakarta.